ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ЭПОКСИВИНИЛЭФИРНЫХ СМОЛ В РАЗБАВЛЕННЫХ РАСТВОРАХ.

СИНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ С HCl

Don Kelley

Ashland Specialty Chemical

5200 Blazer Parkway

Dublin, OH 43017

Michael Jaeger

Ashland Specialty Chemical

Hauptstr. 1

Kehl, Germany 77694

РЕФЕРАТ

В настоящей работе представлены результаты воздействия нескольких разбавленных органических веществ, растворимых в воде или смешиваемых с ней, на образцы стеклопластика, изготовленные из трех различных типов коррозионностойких термореактивных смол. Обсуждаются результаты контакта четырех смол с двухфазной водно/органической системой. Целью этих трех исследований было определить пределы приемлемой производительности стеклопластика, основываясь на диапазоне эпоксивинилэфирных смол, используемых в средах, содержащих растворители.

Первое исследование показало, что разбавленные органические вещества обычно гораздо менее агрессивны, чем чистые растворители. Однако и из этого правила было обнаружено исключение, которое подтверждает тот факт, что для тестирования предпочтительнее использовать «неизвестные» составы, чем индивидуальные более-менее известные вещества. Второе исследование демонстрирует синергетические эффекты между ароматическим растворителем (вызывающим набухание матрицы) и диффундирующими минеральными кислотами, такими как соляная кислота (проникновение). Было обнаружено, что винилэфирные смолы на основе эпоксиноволака имеют более высокую стойкость, чем смолы с низкой плотностью сшивания.

Ключевые слова: эпоксид, эфир, стекловолокно, соляная кислота, органика, пластик, армирование, смола, растворитель, винил.

ВВЕДЕНИЕ

Жидкие выбросы, образующиеся в результате проведения процессов очистки загрязняющих окружающую среду веществ или потоков с химических производств, зачастую содержат небольшие количества органических растворителей и других более или менее агрессивных химических веществ.

Стеклопластик – это хорошо известное проверенное решение для такой «коррозионной задачи». Однако, не смотря на то, что чистые органические растворители были хорошо изучены и тщательно описаны в специальной литературе, посвященной химической стойкости, издаваемой различными производителями смол, очень мало было сделано для того, чтобы оценить разбавленные растворы растворимых в воде или смешиваемых с водой растворителей. Поэтому использование стеклопластика в контакте с раствором, содержащим водную фазу, может быть расширено при условии получения необходимых данных по химической стойкости.

Органические растворители по-разному воздействуют на стеклопластик. Основной физический механизм воздействия – разбухание смолы в результате проникновения растворителя и последующая деламинация. Проникновение растворителя в смолу определяется как свойствами самой смолы, так и свойствами растворителя[1]. Свойства смолы включают в себя кристалличность, подвижность полимерных сегментов и степень сшивки. Свойства растворителя – размер молекул и химическое сродство, как со смолой, так и с аппретом, использованным в армирующем стекломатериале. Эти свойства определяют как термодинамику процесса взаимодействия смолы с растворителем, а также кинетику диффузии растворителя в матрицу смолы. Однако некоторые растворители могут воздействовать не только на смолу, но и на поверхность раздела смола-стекло. Полярные растворители, такие как, например, метанол, могут накапливаться на поверхности раздела смола-стекло, и таким образом способствовать деламинации. В этом случае, воздействие растворителя есть баланс между сродством растворителя к смоле и сродством растворителя к аппрету, использованному для стекла. Это объясняет, почему тестирование растворителей всегда должно проводиться с использованием ламината, а не прозрачной отливки. Более подробную информацию Вы найдете, обратившись к источникам по ссылкам 1-5.

В этой работе будут представлены результаты тестирования полярных (смешиваемых с водой) и неполярных (ароматических растворимых) растворителей в двухфазной системе.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Подготовка ламината

Для тестирования были выбраны пять видов смол – стандартная эпоксивинилэфирная смола на основе бисфенола-А (BEVER), эпоксивинилэфирная смола на основе бисфенола-А с высокой плотностью сшивки (HD-BEVER), бромированная эпоксивинилэфирная смола на основе бисфенола-А (Br-BEVER), новолачная эпоксивинилэфирная смола (NEVER) и бромированная новолачная эпоксивинилэфирная смола (Br-NEVER). Ламинаты на основе каждой смолы были

изготовлены ручными формованием с использованием слоя С-стекловуали, двух слоев мата 450 г/м^2 (E/ECR стекло), и еще одного слоя С-стекловуали, толщина ламината составляла примерно 3 мм. Ламинаты покрывали пленкой MYLAR® от DuPont, чтобы защитить их от воздействия воздуха, и затем отверждали при комнатной температуре с использованием систем отверждения, рекомендованных производителем смолы. После того, как ламинаты отверждались при комнатной температуре в течение одного дня, их подвергли пост-отверждению при 100 °С в течение двух часов. Каждый образец ламината тестировали на твердость по Барколу (Модель Баркола № 934.1) чтобы убедиться в том, что каждый образец, который будет исследоваться, достаточно отвердел. Было обнаружено, что все ламинаты отлично отвердели. Затем ламинаты разрезали на тестовые образцы размером 2,5 x 7,5 или 9 x 16 см. Для того, чтобы иметь возможность наблюдать за эффектами, возникающими на краях ламината, эти края оставили без покрытия. Таким образом, они могли находиться в непосредственном контакте с тестовыми жидкостями. Оценку образцов проводили перед погружением, затем их погружали в жидкость, извлекали через определенное время, вытирали насухо, исследовали и снова погружали в жидкость, если не наблюдалось значительного ухудшения их состояния.

Исследование разбавления водой

Методология исследования разбавления водой заключалась в том, чтобы определить наиболее агрессивный растворитель в сравнительном анализе, используя чистые растворители и ламинаты на основе эпоксивинилэфирных смол (EVER), а затем, варьируя концентрацию и температуру, установить предельные условия для «наихудшего» растворителя.

Тестирование проводилось путем погружения образцов стеклопластика в органические жидкости или смешанные химикаты при температуре до 80 °С на срок до одного года. Периодически проводились измерения, имевшие своей целью определить процентное изменение веса. В химикатах, под воздействием которых ожидалась наиболее серьезная деградация ламинатов, тестирование начинали при более низких температурах.

Подготовительные растворы для исследования разбавления водой

Диметилформамид (ДМФА), диэтилформамид, диметилацетамид, ацетонитрил, акрилонитрил, метилэтилкетон (МЭК), тетрагидрофуран (ТГФ).

Усовершенствованные растворы для исследования разбавления водой

Бензиламин, ДМФА, метанол, 1-метил-2-пирролидон, ТГФ.

Исследование двухфазной системы

Для изучения двухфазной системы были изготовлены образцы размерами 9 x 16 см с использованием ECR-стекла и С-стекловуали с каждой стороны и следующей смолы:

- Стандартная эпоксивинилэфирная смола на основе бисфенола-А (BEVER)
- Бромированная эпоксивинилэфирная смола на основе бисфенола-А (Br-BEVER)
- Новолачная эпоксивинилэфирная смола (NEVER)
- Бромированная новолачная эпоксивинилэфирная смола (Br-NEVER)

Края образцов ничем не покрывали, чтобы иметь возможность наблюдать эффект от воздействия жидкости на незащищенные волокна. Затем образцы подвергались пост-отверждению при 100 °С в течение двух часов.

Методология исследования двухфазной системы заключалась в следующем – образцы погружали в двухфазную систему (водная часть: 11 % HCl, органическая часть – ароматический растворитель C_{9-11}, амин с высокой молекулярной массой) при 60 ± 1 °C. Поверхность раздела между органической и водной фазами поддерживалась точно по центру образцов. Образцы извлекались по истечении одной и двух недель, а также одного, трех и пяти месяцев.

Оцениваемые свойства

- Внешний вид и твердость по Барколу в каждой фазе, включая зону между двумя фазами (называемую «поверхностью раздела»).
- Изменения по весу и по толщине (общий вес, толщина в каждой фазе, включая поверхность раздела).
- Прочность и модуль на изгиб в водной и органической зонах по истечении пяти месяцев.
- DSC (дифференциальная сканирующая калориметрия) анализ после пяти месяцев в сравнении с образцом, не подвергавшимся воздействию для определения любого потенциального воздействия на химию смолы.

Для облегчения анализа все измерения представлены в виде процентного изменения по сравнению с оригинальными величинами (вес, толщина и твердость по Барколу). Измерения снимались перед погружением, а также через равные промежутки времени в срок до 12 месяцев. Кроме измерений также отмечалось изменение внешнего вида, и если на тестовом образце наблюдались деламинация или разбухание, превышающие практические пределы (10 %), или если поверхность образца разрушалась, то в данный момент времени отмечалось повреждение.

Для определения изменения веса образца применялась следующая схема:

- Образец промывали водопроводной водой и затем вытирали насухо бумажным полотенцем
- После этого образец сразу помещали в герметичный полиэтиленовый пакет
- Оставляли охлаждаться на два часа при комнатной температуре
- Образец взвешивали с точностью до ±0,1 мг и снова помещали в полиэтиленовый пакет до следующего погружения в ванночку, или исследования физических характеристик

Определение изменения толщины образца:

- Для определения толщины с точностью до ±0,01 мм использовали микрометр
- Измеряли толщину в каждой фазе, а также на поверхности раздела
- В органической и водной зонах определение толщины проводили в трех точках: с левого края, в середине и с правого края
- В зоне поверхности раздела толщину измеряли в двух точках: с левой стороны панели и с правой

При проведении DSC тестирования использовался следующий метод:

Первый DSC тест проводился в диапазоне температур от 50 °C до 250 °C, причем скорость возрастания температуры составляла 10 °C/мин (=Tg_1), затем проводилось принудительное охлаждение: до 50 °C со скоростью -50 °C/мин, затем последовало нагревание до 220 °C со скоростью 10 °/мин (=Tg_2).

РЕЗУЛЬТАТЫ

Растворители, разбавленные водой

В Таблице 1 описаны растворители, которые использовались для предварительного тестирования при 30 °С. Как и ожидалось (на основе предыдущих тестов), диметилформамид (ДМФА) имел оказывал самое большое воздействие. Он может вызвать деламинацию образцов, изготовленных на основе стандартной EVER, в течение одного дня. Среди классических параметров растворителей можно выделить сильную полярность, которая объясняет «деламинационную силу» растворителя. При сравнении параметров растворимости Хансена для смол NEVER было установлено, что диметилформамид занимает среднее место. В общем случае, чем ниже индекс «совместимости» (Δδ), тем более химически подобны растворитель и смола и выше потенциал атаки растворителя.

ДМФА был выбран в качестве первого растворителя для проведения тестирования благодаря своей способности вызывать деламинацию стеклопластика в течение одного дня. Был проведен ряд специальных исследований, которые имели своей целью определить влияние разбавления водой на агрессивность ДМФА по отношению к стеклопластику. Образцы СП, изготовленные на основе HD-BEVER и NEVER, тестировались при концентрациях 20, 30 и 40% при 40 °С. Таблица 2 показывает, что смола и концентрация ДМФА не оказывали значительного влияния изменение веса.

Такие результаты стимулировали проведение исследования с применением тетрагидрофурана (ТГФ). Согласно результатам исследования 100% ТГФ, приведенным в таблице 1, этот растворитель не был таким агрессивным, как ДМФА. По данным Таблицы 3, ТГФ, в отличие от ДМФА, становится гораздо более агрессивным в разбавленном состоянии. В Таблицах 4 и 5 приведены результаты уменьшения концентрации ТГФ до 20%, и затем до 5%. На основе анализа этих результатов видно, что поведение ТГФ в воде не может быть спрогнозировано на основе его поведения при концентрации 100%.

Так как прогнозирование поведения разбавленного раствора представлялось сложной задачей, было проведено дополнительное исследование (кратко представленное в Таблице 6) с использованием разнообразных растворителей при различных концентрациях и температурах. Таблицы 7, 8 и 9 показывают влияние, которое оказывает ТГФ в концентрациях 10, 5 и 1 % соответственно. 10 % ТГФ был крайне агрессивен по отношению к винилэфирным смолам на основе бисфенола А. В случае тестирования 5 % и 1 % ТГФ все ламинаты находились в хорошем состоянии по истечении 360 дней.

В Таблицах 10 и 11 приведены результаты исследования 10 и 50 % 1-метил-2-пирролидона при 40 °С. В концентрации 50 % 1-метил-2-пирролидон вел себя крайне агрессивно. В концентрации 10 % этот растворитель действовал так же, как и 5 % ТГФ.

Эффект повышенной температуры (80 °С) при 10, 40 и 50 % ДМФА показан в Таблицах с 12 по 14. Тестовые ламинаты были изготовлены на основе BEVER, HD-EVER и NEVER. Вес образцов для все видов смол в 10 % ДМФА изменился на 2,5 % или менее за 360 дней. В 40 и 50 % ДМФА изменение веса достигло 6,9 и 9,8 % соответственно (для ламинатов на основе NEVER). Ламинаты на основе HD-EVER и NEVER извлекли из тестовой среды из-за деламинации.

Таблица 15 показывает результаты испытаний, проведенных с использованием метанола (эта молекула относительно хорошо изучена [6]) в различных концентрациях. Тестировалась только NEVER смола. Исследования показали, что температура 50 °C слишком высока для концентраций свыше 40 %. Однако, интересно заметить, что при высоких концентрациях через 60-90 дней абсорбция метанола замедляется, и, таким образом, деламинации не происходит.

Результаты испытаний с 10 и 100 % бензиламином приведены в Таблицах 16 и 17. Ламинаты на основе BEVER и NEVER получили сильные повреждения за 1 и 30 дней соответственно. В 10 % бензиламине ламинаты на основе BEVER, HD-EVER и NEVER разрушились через 30, 60 и 210 дней соответственно.

Двухфазное исследование

На Рисунке 1 показаны результаты воздействия двухфазной системы, состоящей из соляной кислоты и ароматического растворителя, на образцы ламинатов на основе NEVER, Br-NEVER, BEVER и Br-BEVER в течение 5 месяцев. В то время как на ламинатах на основе BEVER и Br-BEVER сильно проявились волокна, ни один из образцов NEVER не получил значительных повреждений. Краевые эффекты на частях, на которые воздействовала HCl, были очень ограничены, причем максимальная глубина составляла не более 1 см.

Части образцов Br-NEVER, на которые воздействовал растворитель, в течение всего тестового периода выглядели неизменно, на поверхности раздела не наблюдалось видимых синергетических эффектов. В противоположность этому случаю, образцы Br-BEVER подверглись значительному воздействию в области поверхности раздела в результате набухания под воздействием растворителя.

Как показало исследование, ламинаты на основе Br-BEVER имели наибольший выигрыш в весе при отсутствии стабилизации. Интересно заметить, что эти ламинаты показывают относительно невысокую производительность в водной фазе, не смотря на их пригодность к использованию в чистой соляной кислоте. Вероятно, это вызвано присутствием ароматического растворителя, пусть даже его растворимость в водной фазе крайне незначительна. Все ламинаты на основе Br-NEVER оставались в хорошем состоянии в условиях прироста веса ниже 1 %. Увеличение веса этих ламинатов одинаково как в водной, так и в органической фазах.

Оба ламината, изготовленные на основе Br-NEVER, оставались в хорошем состоянии при изменении толщины порядка 2% по всей поверхности ламината без максимальных изменений в области поверхности раздела. Отчетливо видно, что толщина Br-BEVER ламинатов максимально изменилась на поверхности раздела, что показывает синергетический эффект совместного влияния органической и водной фаз.

Все ламинаты на основе Br-NEVER прекрасно сохраняли твердость по Барколу в течение всего периода тестирования. Образцы ламинатов на основе Br-BEVER в течение нескольких недель (или месяцев) потеряли свою твердость, что явилось следствием диффузии растворителя в ламинат.

В испытаниях на гибкость ламинаты Br-NEVER показали себя с самой лучшей стороны, так как для них не наблюдалось значительного ухудшения (50% и более) гибкостных свойств в обеих зонах погружения. У ламинатов на основе Br-BEVER в органической фазе (по истечение 5 месяцев погружения в тестовую среду) гибкостные свойства (прочность на изгиб и модуль) ухудшились также менее чем на 50.

Результаты DSC тестирования таковы: у ламинатов Br-NEVER не наблюдалось уменьшения температуры стеклования. Br-BEVER ламинаты показали падение температуры стеклования.

ЗАКЛЮЧЕНИЯ

Ламинаты на основе новолачной эпоксивинилэфирной смолы (NEVER) имеют самую лучшую стойкость к растворителям, смешиваемым с водой, а также к ароматическим растворителям, содержащим соляную кислоту.

Было крайне сложно предсказать поведение ламинатов на основе эпоксивинилэфирных смол в органических расворителях, расторимых в воде или смешиваемых с водой, основываясь на их поведении в растворителе 100% конентрации или делая выводы на основе сходства молекул растворителя.

Было необходимо изучить поведение ламинатов при разных концентрациях и температурах растворителей, растворимых в воде или смешиваемых с водой, для того, чтобы прогнозировать пригодность смол к работе при данных концентрациях и температурах.

Для достижения наилучшего понимания связи между строением и агрессивностью какого либо растворителя понабится еще много исследодований растворителей, смешиваемых с водой или растворимых в воде.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы приносят благодарность Каролю Райту, Маритте Майерс и Оливии Вюрц за их великолепную работу, проделанную при изучении химической стойкости смол и обработке полученных результатов.

ЗАМЕЧАНИЕ

Информация, представленная в данном документе, предназначена только для ознакомления. Мы не даем никаких гарантий, прямо выраженных или подразумеваемых. Мы также хотим отметить, что данная статься предназначена для специалистов, имеющих опыт работы со стеклопластиком, которые должны понимать, что они несут полную ответственность за выбор материалов, процесс изготовления и установку оборудования. Не имея возможности контролировать перечисленные выше операции, Ashland Inc. не дает никаких гарантий по качеству готового продукта. НЕ ДАЕТСЯ НИКАКИХ ГАРАНТИЙ. ИСКЛЮЧАЮТСЯ ВСЕ ГАРАНТИИ ПО ПРИГОДНОСТИ К ИСПОЛЬЗОВАНИЮ В КОНКРЕТНЫХ СЛУЧАЯХ.

ТАБЛИЦА 1

Предварительное исследование с использованием ламинатов на основе NEVER **в чистых смешиваемых с водой растворителях, имевшее целью определить лидирующий растворитель (ДМФА)**

Растворитель	**Группа**	**Прирост веса через** 60 **дней при** 30 °**С в** %	**ВР**, °**С**	**Мвт**	**Дипольный момент, Дебай**	**Совместимость смола-растворитель (Δδ, Хансен)**
Ацетонитрил	Нитрил	6,4	82	41	3,9	11,8
Акрилонитрил	Нитрил	10,6	77	53	3,7	10,7
N,N-диметилацетамид	3°Амид	2,6	166	87	3,8	4,9
N,N-диэтилформамид	3°Амид	1,0	178	101	Неизвестно	5,7
N,N-диметилацетамид (ДМФА)	3°Амид	Деламинация	153	73	3,8	7,4
Метилэтилкетон (МЭК)	Кетон	4,1	80	72	2,7	4,5
Тетрагидрофуран (ТГФ)	Эфир (циклический)	6,6	66	72	1,6	1,4

ТАБЛИЦА 2

Изменение веса ламината толщиной 3 **мм на основе эпоксивинилэфирной смолы через** 431 **день при** 40 °**С в** 20-40 % N,N-**диметилформамиде**

Эпоксивинилэфирная смола	**ДМФА**, %	**Изменение веса**, %
HD-BEVER	20	-0,8
HD-BEVER	30	-0,1
HD-BEVER	40	1,5
NEVER	20	0,9
NEVER	30	0,1
NEVER	40	1,4

ТАБЛИЦА 3

Зависимость изменения веса образца от времени выдержки в 50 % **ТГФ при** 50 °**С**

Эпоксивинилэфирная смола	Изменение веса, %			
	1 день	2 дня	3 дня	7 дней
BEVER	70 / остановлено			
HD-BEVER	49 / остановлено			
NEVER	4,5	7	10	27 / остановлено

ТАБЛИЦА 4

Зависимость изменения веса образца от времени выдержки в 20 % **ТГФ при** 50 °**С**

Эпоксивинилэфирная смола	Изменение веса, %			
	1 день	2 дня	14 дней	30 дней
BEVER	30 / остановлено			
HD-BEVER	4	9 / остановлено		
NEVER	0,6	4	9	11 / остановлено

ТАБЛИЦА 5

Зависимость изменения веса образца от времени выдержки в 5 % **ТГФ при** 50 °**С**

Эпоксивинилэфирная смола	Изменение веса, %			
	7 дней	30 дней	60 дней	90 дней
BEVER	0,7	1,1	1,4	1,9
HD-BEVER	0,5	0,8	1,3	1,4
NEVER	0,6	0,9	1,6	1,4

ТАБЛИЦА 6

Рвстворит**ели, концентрации и температуры, выбранные для дальнейшего изучения**

Растворитель	Концентрация, %	Температура, °С
Бензиламин	20	40
ДМФА	10, 40, 50	80
Метанол	20, 40, 70	50
1-метил-2-пирролидон	10, 50	40
ТГФ	1, 5, 10	40
ТГФ	1, 5	50

ТАБЛИЦА 7

Зависимость изменения веса образца от времени выдержки в 10 % **ТГФ при** 40 °**С**

Эпоксивинилэфирная смола	Изменение веса, %			
	30 дней	60 дней	90 дней	360 дней
BEVER	9	13 / остановлено		
HD-BEVER	6	9 / остановлено		
NEVER	2,8	4,4	5	6

ТАБЛИЦА 8

Зависимость изменения веса образца от времени выдержки в 5 % **ТГФ при** 40 °**С**

Эпоксивинилэфирная смола	Изменение веса, %			
	60 дней	90 дней	210 дней	360 дней
BEVER	0,7	0,8	1,0	1,1
HD-BEVER	0,8	1,0	1,1	1,2
NEVER	0,6	0,8	0,9	1,0

ТАБЛИЦА 9

Зависимость изменения веса образца от времени выдержки в 1 % **ТГФ при** 40 °**С**

Эпоксивинилэфирная смола	Изменение веса, %			
	60 дней	90 дней	210 дней	360 дней
BEVER	0,3	0,6	1,0	1,0
HD-BEVER	0,5	0,6	0,8	1,0
NEVER	0,6	1,0	1,0	1,1

ТАБЛИЦА 10

Зависимость изменения веса образца от времени выдержки в 10 % 1-**метил**-2-**пирролидоне при** 40 °**С**

Эпоксивинилэфирная смола	Изменение веса, %			
	30 дней	60 дней	90 дней	180 дней
BEVER	0,2	0,4	0,7	0,9
HD-BEVER	0,2	0,6	0,7	0,7
NEVER	0,6	0,6	0,9	0,9

ТАБЛИЦА 11

Зависимость изменения веса образца от времени выдержки в 50 % 1-**метил**-2-**пирролидоне при** 40 °**С**

Эпоксивинилэфирная смола	Изменение веса, %			
	7 дней	30 дней	60 дней	90 дней
BEVER	1,2	6,3	8,4	9
HD-BEVER	3,3	6,3	12	15
NEVER	1,2	1,6	2,4	3,5

ТАБЛИЦА 12

Зависимость изменения веса образца от времени выдержки в 50 % **ДМФА при** 80 °**С**

Эпоксивинилэфирная смола	Изменение веса, %			
	15 дней	30 дней	90 дней	210 дней
BEVER	5	9 / остановлено		
HD-BEVER	6	6,4 / остановлено		
NEVER	2,4	3,4	7,5	9,8

ТАБЛИЦА 13

Зависимость изменения веса образца от времени выдержки в 40 % **ДМФА при** 80 °**С**

Эпоксивинилэфирная смола	Изменение веса, %			
	15 дней	30 дней	90 дней	360 дней
BEVER	1,5	2,3	6,1 / остановлено	
HD-BEVER	2,8	3,6	6,6 / остановлено	
NEVER	2,3	2,9	4,6	6,9

ТАБЛИЦА 14

Зависимость изменения веса образца от времени выдержки в 10 % **ДМФА при** 80 °**С**

Эпоксивинилэфирная смола	Изменение веса, %			
	30 дней	90 дней	180 дней	360 дней
BEVER	0,2	0,5	1,1	1,9
HD-BEVER	1,1	1,6	2	2,5
NEVER	1,1	1,4	1,6	1,9

ТАБЛИЦА 15

Зависимость изменения веса образцов, изготовленных на основе новолачной эпоксивинилэфирной смолы, от времени выдержки в смеси метанол/вода при 50 **°C**

Метанол, %	Изменение веса, %			
	30 дней	60 дней	90 дней	160 дней
100	8,2	8,4	8,4	8,9 (200 дней)
70	4,4	5,3	5,3	5,3
40	2,3	2,7	3,4	3,4
20	1,4	1,6	1,9	2,2

ТАБЛИЦА 16

Зависимость изменения веса образцов от времени выдержки в 100 % **бензиламине при** 40 **°C**

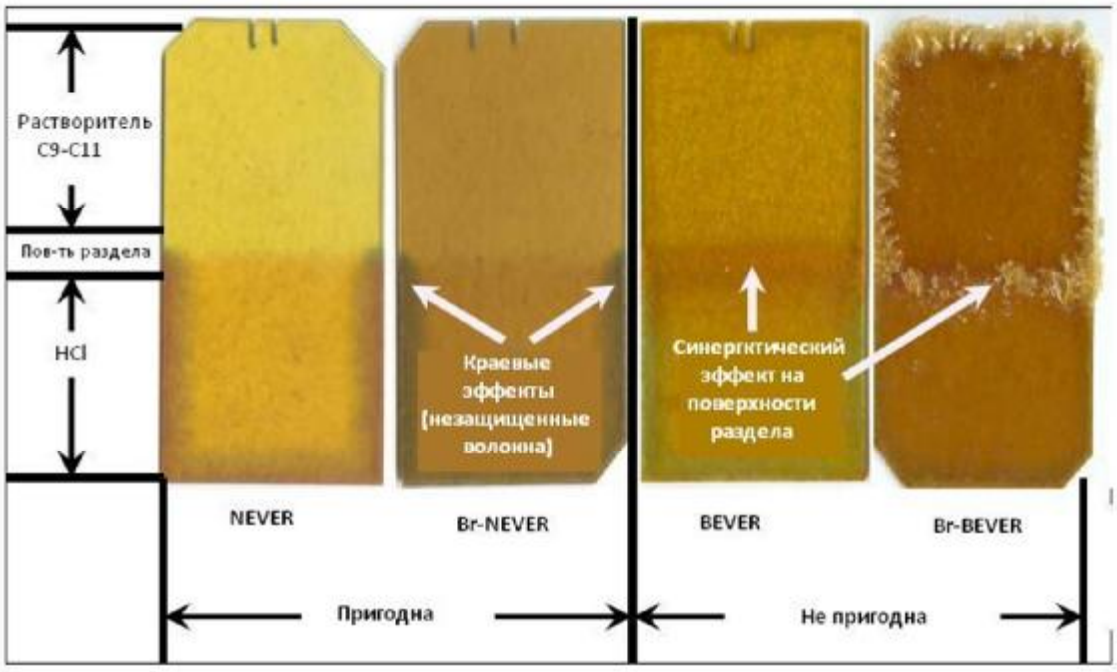
Эпоксивинилэфирная смола	Изменение веса, %			
	1 день	7 дней	14 дней	30 дней
BEVER	40 / остановлено			
NEVER	0	0,5	1,1	12

ТАБЛИЦА 17

Зависимость изменения веса образца от времени выдержки в 10 % **бензиламине при** 40 **°C**

Эпоксивинилэфирная смола	Изменение веса, %			
	30 дней	60 дней	90 дней	210 дней
BEVER	10 / остановлено			
HD-BEVER	3,8	4,5 / остановлено		
NEVER	1,2	2	2,7	5 (большое количество пузырей)

Рисунок 1 – **Стеклопластиковые ламинаты, подвергавшиеся воздействию двухфазной системы на основе соляной кислоты и ароматического растворителя в течение пяти месяцев**



ССЫЛКИ

1. R.C. Allen, “Some Corrosion Mechanisms in Attack of Resin and Resin-Glass Laminates.” Polymer Engineering Science 19 (1979), pp. 329-336.

2. T.F. Anderson et al. “Solvent Resistance of Fiber Reinforced Plastics”, 30th Anniversary Technical Conference SPI, 1975.

3. H. Hojo, K. Tsuda, K. Ogasawara, “Form and Rate of Corrosion of Corrosion-Resistant FRP Resins.” Advanced Composite Material (January 1991), pp. 55-67.

4. R. Verleg, “Penetration of Organic Chemicals into FRP Materials.” (Composites 2002 Convention and Trade Show), September 25-27, 2002, Atlanta, GA.

5. T.W. Cowley, “Evaluation of Fiber Reinforced Plastics for Solvent Resistance and Containment”, The Journal of Corrosion Science and Engineering, 1994.

6. L. Craigie, “Underground Fiberglass Storage Tanks for Motor Fuels Containing HighConcentrations of Alcohols”, (41st Annual Conference, SPI, 1986)

© Copyright Ashland
® Registered trademark, Ashland
™ Trademark, Ashland